



**bu bir MMO
yayıdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Kanallardaki Hava Kaçaklarının Maliyeti

RÜKNETTİN KÜÇÜKÇALI

ISISAN A.Ş.

KANALLARDAKİ HAVA KAÇAKLARININ MALİYETİ

RÜKNETTİN KÜÇÜKÇALI

GİRİŞ

Kanal sistemlerindeki kaçaklar yolu ile kaybedilen enerji ciddi boyutlardadır. Özellikle temiz oda uygulamalarında, bazı endüstriyel uygulamalarda ve nem alma uygulamalarında kanallardaki hava kaçakları enerji kaybı dışında özel öneme sahiptir. Burada özel olarak sızdırmazlık istenen haller dışında, gene havalandırma ve klima uygulamalarında sızdırmazlık dolayısı ile oluşan enerji maliyeti üzerinde durulacaktır. Sadece havalandırma yapılması durumunda hava kaçaklarının enerji maliyeti fanda ortaya çıkmaktadır. Kaçak ne kadar fazla ise bu oranda fan gücü boşa harcanmış olacaktır.

Klima kanallarında ise kaçak hava aynı zamanda soğutma ve ısıtma enerjisi kaybı anlamına gelmektedir. Dolayısı ile klima sistemlerinde hem fanda, hem de soğutma (veya ısıtma) grubunda enerji boşa harcanması söz konusudur. Şartlandırılan hacimlerden geçen kanallardaki sızma, yine iklimlendirilen hacme olacağından bir kayıp oluşturmayacağı ileri sürülebilir. Ancak bu halde bile sızan hava istenilen fonksiyonu yerine getirmeyecek, menfezlerden hedef bölgeye üflenemeyecektir. Bu tartışma konusu dışında bırakılırsa, en kötü durum besleme ve egzost kanallarının beraber geçtikleri asma tavan içinde ve düşey tesisat şaftlarındaki kayıplardır. Burada şartlandırılmış havanın doğrudan kısa devre olması söz konusudur.

Bu çalışmadaki amaç sızıntının ekonomik maliyeti olduğu için ve vurgulanmak istenen olayın boyutları olduğundan, besleme kanallarından sızan havanın egzost sistemine kısa devre olduğu kabul edilmiş ve tamamen kayıp olarak değerlendirilmiştir.

KANAL SİSTEMLERİNDE SIZINTI MİKTARI

Kanallardaki sızıntı miktarı pek çok faktöre bağlıdır. İyi yapılmamış kanallarda sızıntı miktarı gönderilen havanın %30'u mertebelerine çıkabilmektedir. Sızdırmazlık uygulanmış ve uygulanmamış çok çeşitli kanallardaki testler sonucu ASHRAE ve SMACNA kanal kaçaklarını sınıflandırmışlardır. Aşağıda verilen sınıflandırmalar ve hava kaçak miktarları ASHRAE Fundamentals Handbook'tan alınmıştır.

Kanallardaki sızıntı esas olarak kanal konstrüksiyonuna ve kanal içi ile dışı arasındaki Δp basınç farkına bağlıdır ve aşağıdaki ifade ile verilebilir.

$Q = C \Delta p^N$ Burada,

Q = Kanal sızdırma miktarı (L/s.m²)

C = Kanal sızdırma karakterine yansıtan bir sabit

Δp = Statik basınç farkı (Pa)

N = Sızan havanın akış karakterine bağlı bir sayı

Yapılan testler ve çalışmalar sonucu kanal sızdırmazlıkları sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada yukarıdaki denklem esas alınmış ve sızdırmazlık sınıfı C_L

$$C_L = 720 Q / \Delta p^{0.65}$$

biçiminde ifade edilmiştir. Buna göre C_L sızdırmazlık sınıfı 1'den başlayarak yükselen bir sayıdır. Sızdırmazlık sınıfı ne kadar küçükse, sızdırmazlık o denli iyidir. Şekil 1'de sızdırmazlık sınıfı grafik halinde verilmiştir. Tablo 2'de ise iyi bir kanal işçiliği ve sızdırmazlık uygulaması yapıldığında çeşitli tip kanallarda elde edilebilecek sızdırmazlık sınıfları verilmiştir. Buna göre yuvarlak ve contalı (Sızdırmazlık uygulanmış) kanallarda sızdırmazlık sınıfı $C_L=3$ iken dikdörtgen contasız kanallarda sızdırmazlık sınıfı $C_L = 48$ olmaktadır. Bu çalışmada bu iki kanal tipi karşılaştırılacaktır. Bunlardan biri Türkiye'de prefabrik olarak üretilen kaliteli hava kanalını, diğeri ise genel olarak uygulanan, yerinde iyi bir işçilikle yapılan konvansiyonel kanalı temsil etmektedir.

Tablo 2. Kanal Sızdırmazlık Sınıfları

KANAL TİPİ	Tahmini Sızdırmazlık Sınıfı, C _L	
	Contalı	Contasız
Düz rijit metal kanal	3	30 (6-70)
Yuvarlak veya oval		
Dikdörtgen	12	48 (12-110)
≤ 500 Pa		
> 500 ve ≤ 2500 Pa	6	48 (12-110)
Esnek Kanallar	8	30 (12-54)
Metal, alüminyum		
Metal olmayan	12	30 (4-54)
Fiberglas kanal	6	-
Dikdörtgen		
Yuvarlak	3	-

Tablo 2'de verilen test verileri analların menfezlere, difüzörlere ve panjurlara bağlantılarını içermemektedir. Ekipmanların kapaklarından ve çerçevelerinden olan kayıplar ve kontrol kutularındaki sızıntılar da bu değerlerin dışındadır. Bu çalışmadaki hesaplarda da bu kayıplar dikkate alınmayacaktır. Bu biçimdeki kayıplar % 2-5 gibi önemli değerlere varabilir.

Tablo 3'de ise yine SMACNA HVAC Air Duct Leakage Test Manuel isimli yayından alınan değerler verilmiştir. Bu tabloda fanın beslediği havanın yüzdesi olarak kaçak değerleri verilmiştir. Parametre olarak sızdırmazlık sınıfı, m² kanal yüzeyi başına beslenen hava debisi (L / s.m²) ve statik basınç alınmıştır. Orjinal tablodan sadece sızdırmazlık sınıfı 48 ve 3 için olan değerler alınmıştır.

Bu tabloya göre örneğin sızdırmazlık sınıfı 48 olan bir kanal sisteminde içerideki ortalama basınç 250 Pa değerinde ise (250 Pa kanal girişi ve sonu basıncının ortalamasıdır.) hava debisine (veya kanal uzunluğuna) göre sızıntı yüzdesi %24 ile % 9,6 arasında değişmektedir. Uzun bir kanal sisteminde büyük değer, kısa bir kanal sisteminde küçük değer geçerlidir. Örneğin 20.000 m³/h hava besleme debisi olan dikdörtgen kesitli bir kanal sisteminde; toplam kanal yüzeyi 555m² ise kaçak oranı toplam debinin %24'ü, kanal yüzeyi 222m² ise kaçak toplam debinin %9,6'sı olacaktır.

Tablo 3. Hava debisinin yüzdesi olarak sızıntı miktarı

Sızdırmazlık Sınıfı, C _L	Ortalama kanal yüzeyi başına debi L/sm ²	Statik Basınç Pa				
		125	250	500	750	1000
48	10	15	24	38	49	59
	12,7	12	19	30	39	47
	15	10	16	25	33	39
	20	7,7	12	19	25	30
	25	6,1	9,6	15	20	24
3	10	1,0	1,5	2,4	3,1	3,7
	12,7	0,8	1,2	1,9	2,4	3,0
	15	0,6	1,0	1,6	2,0	2,5
	20	0,5	0,8	1,3	1,6	2,0
	25	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5

ENERJİ KAYBININ BELİRLENMESİ

Enerji kaybının belirlenmesi için öncelikle birim hava debisi (1m³/h) başına gerekli ortalama fan gücü, soğutma ve ısıtma maliyetleri belirlenmelidir.

Birim hava için gerekli fan gücü, fanın büyüklüğüne ve çalışma noktasına bağlıdır. Referans olarak 6m³/s hava debisine 0,77 verim noktasında çalışan gerçek bir fan ele alınmıştır. Gerekli fan gücü 7,76 kW değerindedir. %10 aktarma ve motor kaybı alınabileceği katalogda belirtilmiştir. Buna göre gerçek kullanılan motor gücü 8,5 kW olmaktadır. Bu değerlerle 1 m³/s hava kaçağı için, W_p= 1,42 kW güç harcanmaktadır. Hesaplarda kullanılacak değer bu olacaktır.

Isıtma ve soğutma gücü için İstanbul şartları esas alınacaktır. Toplam havanın %20'si dış hava kabul edilerek ve 10 C sıcaklık farkı ile üfleme yapıldığı gözönüne alınarak 1 m³/s hava için santralde 21 kW ısıtma gücü hesaplanmıştır. Sistem ortalama yıllık verimini %70 kabul ederek yakıt enerjisi cinsinden gerekli ısıtma gücü 30 kW bulunur. O halde 1 m³/s hava debisi için özgül ısı enerjisi kullanımı,

$q_i = 30 \text{ kW}$ değerindedir.

Aynı şekilde soğutma gücü için psikometrik diyagram yardımı ile hesap yapılırsa santralde gerekli güç 1 m³/s hava için yaklaşık 20 kW bulunur. Soğutma sisteminde dağıtım kayıpları %10, soğutma tesir katsayısı 4,2 kompresör ortalama yıllık verimi %60 ve pompa, soğutma kulesi gibi yardımcı organlarda harcanan enerji kompresör enerjisinin %20'si kabul edilirse, 1 m³/s hava için soğutmada kullanılan elektrik enerjisi,

$W_s = 10,5 \text{ kW}$ olarak hesaplanır.

Eğer ısı enerjisi maliyet açısından eşdeğer elektrik enerjisine çevrilirse, bunun da mertebe olarak 10,5kw değeri civarında olduğu görülür. Buradan hareketle ısıtma veya soğutma birbirinden ayrılmayarak, 1 m³/s için özgül klima elektrik gücü, W_k tarif edilecek ve değeri $W_k = 10,5 \text{ kW}$ alınacaktır.

SIZDIRMANIN YILLIK MALİYETİ

Tablo 3'de verilen çeşitli kanal sistemleri için kaçak yüzeylerinden bazıları seçilerek, enerji kaybı cinsinden yeni bir tablo oluşturulmuştur. Buna göre hazırlanan tablo 4'te örnek olarak 6 m³/s hava debisi esas alınmıştır. Ayrıca bunun klima havası olduğu düşünülerek hem fan elektrik gücü hem de klima elektrik gücü hesaba katılmıştır.

Burada ortaya çıkan rakamlardan hava sızıntılarının yıllık maliyetlerinin çok büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.

Tablo 4 Hava kaçakları dolayısıyla ile kayıp elektrik gücü (kW)

Sızdırmazlık Sınıfı	Hava debisi m ³ /s	Kanal yüzeyi m ²	Statik basınç		
			250 Pa	500 Pa	1000Pa
48	6	600	17,2 kW	27,2 kW	42,2 kW
		400	11,4	17,9	27,9
		300	8,6	13,6	21,5
		240	6,9	10,7	17,2
3	6	600	1,1 kW	1,7 kW	2,6 kW
		400	0,7	1,1	1,8
		300	0,6	0,9	1,4
		240	0,4	0,6	1,1

Kaçak havanın %100 kısa devre olması halinde pik yükte enerji kaybı, yıllık çalışma saatleri ile yukarıdaki değerlerin çarpımına eşittir. Düşük yüklerde çalışma dikkate alındığında, yıllık ortalama için pik yükün yarısı kabul edilebilir. Buna göre bir tablo düzenlenirse, Tablo 5 elde edilir.

Tablo 5 Hava kaçakları dolayısı ile yıllık pik ve ortalama elektrik enerjisi kayıpları (kWh)

Yıllık çalışma saati (h)	Sızdırmazlık sınıfı	Hava debisi m ³ /s	Kanal yüzeyi m ²	Statik Basınç			
				500 Pa		1000 Pa	
				Pik Yükte	Ortalama	Pik Yükte	Ortalama
2000	48	6	600	54000	27200	84400	42200
			240	21400	10700	34400	17200
	3	6	600	3400	1700	5200	2600
			240	1200	600	2200	1100
4000	48	6	600	108800	54400	168800	84400
			240	42800	21400	68800	34400
	3	6	600	6800	3400	10400	5200
			240	2400	1200	4400	2200
6000	48	6	600	163200	81600	253200	126600
			240	64200	32100	103200	51600
	3	6	600	10200	5100	15600	7800
			240	3600	1800	6600	3300

Hava sızıntısının maliyeti açısından bir fikir vermek üzere, Mayıs 1994 tarihi itibarıyla elektrik fiyatı 1.600.-TL/kWh alınabilir. Yıllık 4.000 saat çalışma esası ile, iyi bir prefabrik kanal ile orta kalite yerinde yapılan kanalın kaçak maliyeti arasındaki fark, (6 m³ / s debi, 600 m² kanal ve 500 Pa basınç halinde) Yıllık pik yükte = 163 milyon TL.

Yıllık ortalama yükte = 81,6 milyon TL.

Dikdörtgen kesitli kenetli imal edilen hava kanalının m² fiyatı (ortalama) 450.000.-TL/m² yuvarlak, contalı (safe-sistem) hava kanalının m² fiyatı (ortalama) 650.000.-TL/m² olduğu kabul edilerek

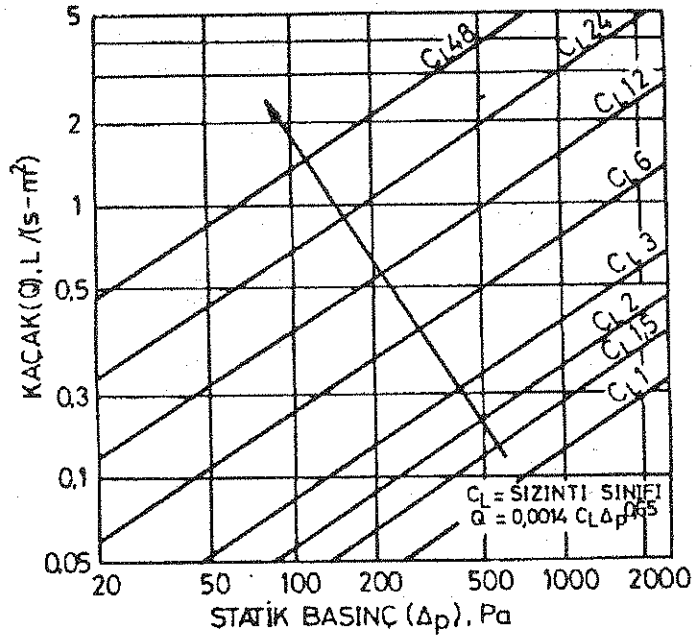
450.000 x 600 m² = 270.000.000.-TL

650.000 x 600 m² = 390.000.000.-TL

120.000.000.-TL ilk yatırım bedeli farkı

İlk yatırım maliyetindeki fark 120.000.000.-tl olmaktadır. Buna göre yukarıda verilen örnekte sistem, pik yükte çalışması halinde ilk yatırım maliyetindeki fark 1 yıldan daha kısa bir sürede kendini amorti etmektedir.

Türkiye'de imal edilen dikdörtgen hava kanallarının kalitesi genelde iyi olmadığı için, hava kaçaklarının gerçek maliyeti hesaplanan değerden çok daha fazla olmaktadır. Enerji maliyetlerinin giderek artacağı da düşünülürse, hava kanallarının kalitesi ve sızdırmazlık detaylarına gereken önem verilecektir.



ŞEKİL 1. KANAL SIZINTI SINIFLANDIRMASI

ÖZGEÇMİŞ

1972 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi mezunudur. İSİSAN firmasının yöneticisi ve kurucusudur. Tesisatla ilgili konularda çok sayıda yayınları vardır. MMO, ASHRAE ve Tesisat Mühendisleri Derneği üyesidir. Evli ve bir çocuk babasıdır.